

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-217237

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

(51)Int.Cl.⁶
C 03 C 4/00
B 23 K 26/00
C 03 C 3/04

識別記号

F I
C 03 C 4/00
B 23 K 26/00
C 03 C 3/04

G

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-68415

(22)出願日 平成8年(1996)3月25日

(71)出願人 000004008

日本板硝子株式会社

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

(72)発明者 小山 正

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

日本板硝子株式会社内

(72)発明者 常友 啓司

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

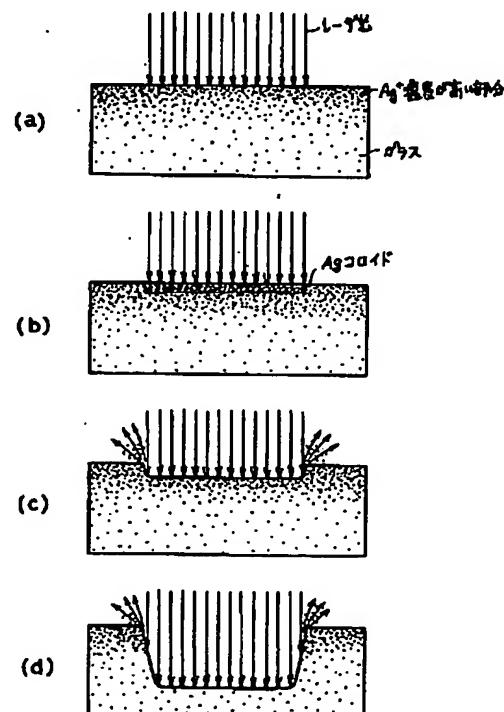
日本板硝子株式会社内

(74)代理人 弁理士 小山 有 (外1名)

(54)【発明の名称】 レーザ加工用ガラス基材及びレーザ加工方法

(57)【要約】

【課題】 レーザ加工に適するガラス基材を提供する。
【解決手段】 SiO_2 を主成分とし、これに Al_2O_3 、 B_2O_3 、 Na_2O 、F等を含む厚さ2mmの珪酸塩ガラスを、硝酸銀と硝酸ナトリウムを50mol%～50mol%で混合した溶融塩中に浸漬する。すると、ガラス表面のNaイオンが溶出し、溶融塩中のAgイオンがガラス中に拡散する。このようなガラス基材にレーザ光を照射すると、最表面から順次蒸発或いはアブレーションが生じ、割れや欠けを生じることがなく、加工痕も平滑な加工が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面から所定の深さまでAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀が含有され、更に銀の濃度はレーザ加工される表面における濃度が最も高く、所定の深さまで徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配が形成されていることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項2】 全体に亘ってAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀が含有され、更に銀の濃度はレーザ加工される表面における濃度が最も高く、対向する側に向かって徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配が形成されていることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項3】 全体に亘ってAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀が含有され、更に銀の濃度は厚み方向を基準として中間部が最も低く、外側に向かって徐々に銀の濃度が高くなるように濃度勾配が形成されていることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項4】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、このガラス基材は板状をなすことを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項5】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、このガラス基材は円柱状をなすことを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項6】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、このガラス基材はSiO₂を主成分とした珪酸塩ガラスであることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項7】 請求項6に記載のレーザ加工用ガラス基材において、このガラス基材にはF(フッ素)が含まれていることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項8】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、前記銀は、1価の陽イオンとイオン交換されるAgイオンとしてガラス中に導入されることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項9】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、前記銀の濃度が最も高い部分の濃度は0.1mol%以上であることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項10】 請求項1乃至請求項3に記載のレーザ加工用ガラス基材において、この加工用ガラス基材はアニール処理によって銀の濃度勾配が緩くなるようにされていることを特徴とするレーザ加工用ガラス基材。

【請求項11】 請求項1乃至請求項10に記載のレーザ加工用ガラス基材に対し、銀の濃度が最も高い側の表面またはこの反対側面からレーザ光を照射し、ガラス中のAgイオンを還元せしめてコロイドとし、このコロイドにレーザ光エネルギーを吸収させ、このエネルギーによる溶融、蒸発若しくはアブレーションによってガラスの一部を除去するようにしたことを特徴とするレーザ加

工方法。

【請求項12】 請求項1乃至請求項10に記載のレーザ加工用ガラス基材に対し、紫外線を照射してガラス中のAgイオンを還元せしめてコロイドとし、次いで、銀の濃度が最も高い側の表面またはこの反対側面からレーザ光を照射し、前記コロイドにレーザ光エネルギーを吸収させ、このエネルギーによる溶融、蒸発若しくはアブレーションによってガラスの一部を除去するようにしたことを特徴とするレーザ加工方法。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレーザ加工に適したガラス基材及びこのガラス基材に対するレーザ加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 レーザ光は強力なエネルギーを有し、照射された材料の表面温度を上げ、照射された部分をアブレーション(爆蝕)或いは蒸発せしめて種々の加工を施すことが従来から行われている。特にレーザ光は極めて小さなスポットに絞ることができるので、微細加工に適している。

【0003】 レーザ光としては、CO₂レーザ等の赤外線レーザ、Nd:YAGレーザ、Nd:YAGレーザと波長変換を組み合わせた近赤外領域から可視域には紫外領域に亘るレーザ、或いはArF、KrF等のエキシマレーザ等の紫外線レーザ等が用いられている。

【0004】 一方、ガラスのうち特にSiO₂を主成分とする珪酸塩ガラスは、透明度が高く、高温下で簡単に成形(変形)が可能なため、微細加工にて孔開けや凹凸を形成することで、光通信等に用いる光学部品やディスプレイ用のガラス基板等として広く用いられている。

【0005】 上記の珪酸塩ガラスに微細な孔開け加工を施すには、従来にあっては、フッ酸等のエッチャントを用いたウェットエッチング(化学エッチング)、或いはリアクティブイオンエッチング等のドライエッチング(物理エッチング)によるのが一般的である。

【0006】 しかしながら、ウェットエッチングにあっては、エッチャントの管理と処理の問題があり、ドライエッチングにあっては真空容器等の設備が必要になり装置自体が大掛かりとなり、更に複雑なフォトリソグラフィー技術によってパターンマスク等を形成しなければならず効率的でない。

【0007】 そこで、レーザ光をガラスの微細加工に利用することが試みられている。しかしながら、もともとガラスは脆性物であるため、加工時にクラックが発生しやすい。特に赤外域の炭酸ガスレーザを用いた場合には熱歪による割れが激しく起こる。また、紫外線域のKrFエキシマレーザ(波長248nm)を用いた場合でも照射痕周辺にはクラックが発生し、微細加工には適しない。そこで、ガラス加工に用いるレーザ光としては波長

193 nmのArFエキシマレーザの使用が最適となるが、このArFエキシマレーザを使用した場合であっても、マイクロクラックの発生を避けることができない。また、波長193 nmのArFエキシマレーザは空気による吸収があり長い光軸を持たせるためには、Ar等の吸収のないガスと置換するか、真空にしなければならない。

【0008】そこで、特開昭54-28590号公報に開示される技術が提案されている。この先行例は、ガラス基板にレーザ光を照射して加工する際に、ガラス基板を予め300~700℃に加熱しておくことで、加工時の熱衝撃に耐えられるようにしたものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、ガラスを加熱し応力を緩和した状態でレーザ光による微細加工を施すと、熱収縮が生じるため、マイクロメータからサブマイクロメータオーダの精度を保つことができない。また、ガラスを加熱した状態でレーザ光による微細加工を行っても加工痕がザラザラで平滑に仕上がりず、依然として割れや欠けが発生しやすい。

【0010】そこで、本発明者らはAgイオンが均一な濃度で含まれる一般的な感光性ガラスにレーザ光を照射することを試みた。その過程を図1 (a) ~ (d)に基づいて説明すると、(a)に示すようにガラス基板に照射されたレーザ光はガラス基板内部にまで侵入し、

(b)に示すように内部に存在するAgイオンを還元し、コロイド(Agの超微粒子)を生成する。このコロイドが析出すると(c)に示すようにレーザ光の吸収係数が飛躍的に増大し、内部からアブレーションが起こり、最終的には(d)に示すように、割れや欠けに近い凹部が形成されてしまった。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本願の請求項1に係るレーザ加工用ガラス基材は、表面から所定の深さまでAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀を含有せしめ、更に銀の濃度はレーザ加工される表面における濃度を最も高く、所定の深さまで徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配を持たせた。

【0012】また請求項2に係るレーザ加工用ガラス基材は、ガラス全体に亘ってAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀を含有せしめ、しかも銀の濃度はレーザ加工される表面における濃度を最も高く、対向する側に向かって徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配を持たせた。

【0013】また請求項3に係るレーザ加工用ガラス基材は、ガラス全体に亘ってAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀を含有せしめ、しかも銀の濃度は厚み方向を基準として中間部を最も低く(濃度0mol%を含む)、外側に向かって徐々に銀の濃度を高くなるように濃度勾配を持たせた。

【0014】尚、レーザ加工用ガラス基材の形状としては、板状は勿論のこと円柱状等任意であり、またレーザ加工用ガラス基材の材料としては、SiO₂を主成分とした珪酸塩ガラスが透明度が高いため好ましい。また、Agイオンによる着色を低減するには、F(フッ素)を含有せしめることが好ましい。

【0015】濃度勾配を持たせるようにガラス中に銀を導入する手段としては、例えば、Agイオン以外の1価の陽イオンとAgイオンとをイオン交換することが考えられる。また、銀濃度が低いとレーザ光の吸収エネルギーも低くなり、蒸発やアブレーションが生じにくくなるので、加工を予定している部分の銀濃度は0.1mol%以上とすることが好ましい。

【0016】ところで、上記のレーザ加工用ガラス基材に対し、貫通穴若しくは凹部を形成するには、図2

(a)に示すように、銀の濃度が最も高い側の表面からレーザ光を照射する。すると、(b)に示すように、最も銀のイオン濃度が高いガラス表面の銀(Agイオン)が還元せしめられてコロイド(Agの超微粒子)となり、このコロイドがレーザ光エネルギーを吸収し、(c)に示すように、このエネルギーによる溶融、蒸発若しくはアブレーションを生じ、表層部のガラスが除去される。そして、表層部のガラスが除去されるとその下層のガラスでも同様の現象が順次起こり、最終的には(d)に示すように凹部若しくは貫通穴が形成される。

【0017】また、レーザ光の照射方向は図3 (a)に示すように、銀の濃度が最も高い側の反対側面から行ってもよい。この場合にも(b)~(d)に示すように最も銀の濃度が高いガラス表面の銀(Agイオン)が還元せしめられてコロイド(Agの超微粒子)となり、このコロイドがレーザ光エネルギーを吸収し、このエネルギーによる溶融、蒸発若しくはアブレーションにて表層部のガラスが除去され、表層部のガラスが除去されるとその下層のガラスでも同様の現象が順次起こり、最終的には凹部若しくは貫通穴が形成される。

【0018】尚、銀コロイドを生成する手段としては、前記したようにレーザ光を照射する以外に紫外線を照射してもよい。ただし紫外線ではアブレーション等を生じさせることができないので、この後にレーザ光を照射してガラス基材に穴開け等を施すことになる。また、紫外線やレーザ光を照射する代りに、加熱によってもコロイドを析出することが可能である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面及び(表)に基づいて説明する。ここで、(表1)は各実施例のイオン交換条件、レーザ光照射条件、レーザ加工性の有無を示し、(表2)は各比較例のイオン交換条件、レーザ光照射条件、レーザ加工性の有無を示し、(表3)は加工用ガラス基材の具体的組成を示す。

50 ここで、レーザ加工性があるとは、割れや欠けがなくレ

レーザ光照射痕が平滑な状態となることをいう。

*【表1】

【0020】

*

実施例	ガラス	イオン交換条件		アニーリング	照射条件	レーザー加工性の有無
		塩濃度	時間			
実施例1	表3のA	硝酸銀 50mol% 硝酸ナトリウム 50mol%	300°C 15分	なし	YAG355nm	○
			6時間	〃	YAG355nm	○
			86時間	〃	YAG355nm	○
実施例2	表3のB	硝酸銀 100mol%	280°C 1時間	〃	YAG355nm	○
実施例3	表3のC	実施例1と同じ	300°C 15分	〃	YAG355nm	○
			6時間	〃	YAG355nm	○
			86時間	〃	YAG355nm	○
実施例4	表3のD	実施例1と同じ	300°C 30分	〃	YAG355nm	○
実施例5	表3のE	実施例1と同じ	300°C 30分	〃	YAG355nm	○
実施例6	表3のC	実施例1と同じ	300°C 15分	〃	YAG532nm	○
実施例7	表3のA	実施例1と同じ	300°C 15分	350°C 3時間	YAG355nm	○
			350°C 6時間	YAG355nm	○	
実施例8	表3のA	実施例1と同じ	300°C 10秒	350°C 8時間	YAG355nm	△

【0021】

【表2】

比較例	ガラス	イオン交換	照射条件	レーザー加工性の有無
比較例1	表3のA	なし	YAG248nm	×
比較例2	表3のB	〃	YAG355nm	×
比較例3	表3のC	〃	YAG355nm	×
比較例4	表3のD	〃	YAG355nm	×
比較例5	表3のE	〃	YAG355nm	×
比較例6	表3のC	〃	YAG532nm	×
比較例7	抗菌ガラス	〃	YAG355nm	×
比較例8	表3のA	イオン交換でAg ⁺ 導入後 表面のAg ⁺ をNa ⁺ にイオン交換	YAG355nm	×

【0022】

【表3】

組成 ガラス	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	ZnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Ag ₂ O	Fe ₂ O ₃	BaO	La ₂ O ₃
A	56.0	20.0	11.3	—	0.008	—	11.0	0.002	4.15	0.006	0.008	—	—
B	63.0	—	—	—	—	—	27.0	—	—	—	—	7.0	3.0
C	66.3	2.4	8.6	—	8.7	—	11.0	2.5	—	—	—	—	—
D	60.1	—	3.5	14.8	—	—	13.2	7.7	—	—	—	—	—
E	71.06	1.47	—	—	3.920	8.88	13.41	0.820	—	—	0.172	—	—

【0023】(実施例1) 図4に示す装置を用いてイオン交換を行った。加工用ガラス基材としては(表3のA)に示すように、SiO₂を主成分とし、これにAl₂O₃、B₂O₃、Na₂O、F等を含む厚さ2mmの珪酸塩ガラスとし、石英容器内に満たす溶融塩としては硝酸銀と硝酸ナトリウムを50mol%~50mol%で混合したもの用いた。上記の加工用ガラス基材を溶融塩を満たした石英容器内に試料毎に15分間、6時間、86時間それぞ

れ浸漬した。尚、溶融塩の温度は電気炉中で300°Cに保ち、反応雰囲気は空気とした。以上の処理により、ガラス表面のNaイオン(1価の陽イオン)を溶出せしめ、溶融塩中のAgイオンをガラス中に拡散せしめた。Agが拡散した層の厚さをX線マイクロアナライザーで測定すると、15分間浸漬したもので約7μm、6時間浸漬したもので約30μm、86時間浸漬したもので約160μmであった。次いで、これらのガラスにレーザ

光を照射し、ガラスの特定部分を蒸発若しくはアブレーションによって除去し、凹部を形成することを試みた。加工に用いたレーザはNd: YAGレーザの第3高調波である355 nmの光とした。パルス幅は約10 nsec、繰り返し周波数は5 Hzで、出射レーザ光をレンズで絞り照射した。尚、該ガラスは355 nmの波長に対して僅かに吸収を持つ。照射光のスポットサイズを360 μmにし、その時のエネルギーは39 J/cm²で、30ショット照射した。照射後、ガラス表面には深さ約10 μmの凹部が形成された。図5(a)は上記凹部を顕微鏡で観察した写真、(b)は同写真を基に作成した図、図6は照射位置を触針式の表面粗さ計で測定した結果を示すグラフである。これらの図から、照射点周辺には割れや欠けは全くなく、照射痕も平滑で、スムーズなプロファイルが得られたことが分る。

【0024】一方、イオン交換をしていないガラスに同一の条件でレーザ光を照射した。図7(a)はこの凹部を顕微鏡で観察した写真、(b)は同写真を基に作成した図であり、この図に示すように照射点周辺は割れが激しく、照射面では微細で不規則な凹凸が生じ、ザラザラとし、平滑な表面は得られなかった。また触針式の表面粗さ計での測定は、凹凸が激しく不可能であった。

【0025】以上のように、イオン交換した面では良好な加工性が得られ、この良好な加工性はイオン交換時間には左右されなかった。更に15分間イオン交換したガラスに、継続してレーザ光を照射したところ、やがて照射痕がザラザラになり、レーザ加工性が失われた。

【0026】また、照射の焦点位置を変えることにより、照射エネルギーを変えて実験を行った。その結果、イオン交換をしたもののはいざれも良好な結果を示した。ショット数を30ショットにし、加工深さを触針式の表面粗さ計で測定し、照射エネルギーの依存性を検討した。その結果、図8に示すように直線性があり、加工性で重要な加工量のエネルギーによる調整が極めて容易にできた。

【0027】(比較例1) 実施例1で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、波長248 nmのエキシマレーザを照射レーザとして凹部を形成することを試みた。結果は、割れや欠けが発生し、レーザ加工性は観察されなかった。

【0028】(実施例2) 図4に示す装置を用いてイオン交換を行った。加工用ガラス基材としては(表3のB)に示すように、SiO₂を主成分とし、これにB₂O₃、Na₂O等を含む厚さ2 mmの珪酸塩ガラスとし、イオン交換条件は(表1)に示すように、石英容器内に満たす溶融塩としては硝酸銀のみとし、反応雰囲気を空気、溶融塩の温度を280°Cとして1時間浸漬した。イオン交換が終了した加工用ガラス基材に(表1)に示すように、波長355 nmのYAGレーザを照射エネルギー30 J/cm²で照射した。その結果、イオン交換した

ガラス基材はレーザ加工性を示した。また、Agイオン濃度の分布をX線マイクロアナライザーを用いて測定したところ、ガラス表面ではほぼ全てのAgイオンが交換され、その濃度は2.7 mol%であった。

【0029】(比較例2) 実施例2で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、波長355 nmのYAGレーザを照射エネルギー30 J/cm²で照射した。結果は、割れや欠けが発生し、レーザ加工性は観察されなかった。

【0030】(実施例3) 加工用ガラス基材の組成を(表3のC)に示すものとし、イオン交換条件及びレーザ照射条件については(実施例1)と同じにして、レーザ加工性を調べた。その結果、イオン交換したガラス基材はレーザ加工性を示した。

【0031】(比較例3) 実施例3で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、実施例3と同一の条件でYAGレーザを照射した。結果は、割れや欠けが発生し、レーザ加工性は観察されなかった。

【0032】(実施例4) 加工用ガラス基材の組成を(表3のD)に示すものとし、イオン交換条件のうち溶融塩は(実施例1)と同じにし、イオン交換時間を300°Cで30分とし、またレーザ照射条件については(実施例1)と同じにして、レーザ加工性を調べた。その結果、イオン交換したガラス基材はレーザ加工性を示した。

【0033】(比較例4) 実施例4で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、実施例4と同一の条件でYAGレーザを照射した。

【0034】(実施例5) 加工用ガラス基材の組成を(表3のE)に示すものとし、イオン交換条件のうち溶融塩は(実施例1)と同じにし、イオン交換時間を300°Cで30分とし、またレーザ照射条件については(実施例1)と同じにして、レーザ加工性を調べた。その結果、イオン交換したガラス基材はレーザ加工性を示した。

【0035】(比較例5) 実施例5で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、実施例5と同一の条件でYAGレーザを照射した。

結果は、割れや欠けが発生し、レーザ加工性は観察されなかった。

【0036】(実施例6) 加工用ガラス基材の組成を(表3のC)に示すものとし、イオン交換条件のうち溶融塩は(実施例1)と同じにし、イオン交換時間を300°Cで15分とし、またレーザ照射条件については532 nmのYAGレーザを照射し、レーザ加工性を調べた。その結果、イオン交換したガラス基材はレーザ加工性を示した。

【0037】(比較例6)実施例6で使用したガラス基材と同一組成でイオン交換をしていないガラス基材に対し、実施例6と同一の条件でYAGレーザを照射した。結果は、割れや欠けが発生し、レーザ加工性は観察されなかった。

【0038】(実施例7)実施例1と同一の条件で15分間イオン交換した加工用ガラス基材に対し、アニーリングを行った。アニーリングは条件を異ならせ、350℃で3時間、350℃で6時間各加工用ガラス基材に対して行った。その結果、アニーリング前の銀濃度は2.57mol%であったものが、350℃で3時間のアニーリングの場合には0.63mol%、350℃で6時間のアニーリングの場合には0.49mol%まで低下した。アニーリングを行った試料に対し、波長355nmのYAGレーザを照射エネルギー40mJ/pulse、パルス幅は約10nsec、繰り返し周波数は5Hzで照射した。その結果、全ての試料においてレーザ加工性が確認できた。ただし、アブレーション閾値(アブレーションが始まるエネルギー密度)はアニーリングしない場合の4~5倍に増加した。

【0039】(実施例8)イオン交換時間を10秒と極めて短くした以外は実施例1と同一条件にて加工用ガラス基材に対しイオン交換を行い、更に350℃でアニーリングを6時間行った。その結果、最表面の銀濃度は0.06mol%まで低下した。上記の試料に対し、実施例7と同一条件でレーザ光を照射した。その結果、試料のいくつかはレーザ加工性を示したが、他は割れや欠けが発生した。

【0040】以上の実施例7及び実施例8から、銀の濃度勾配があれば、銀濃度は低くてもレーザ加工性を示し、またレーザ加工性を示すことが確認された濃度の下限値は0.06mol%であるが、全ての試料がレーザ加工性を示すのではなく、レーザ加工性を示すのは2~3割程度であり、確実にレーザ加工性を示すには0.1mol%以上が必要である。

【0041】(比較例7)銀を均一に含有する抗菌ガラス(SiO₂:37.5mol%, B₂O₃:46.5mol%, Na₂O:15.8mol%, Ag₂O:0.28mol%)に対し、波長355nmのYAGレーザを照射エネルギー88mJ/pulse、パルス幅は約10nsec、繰り返し周波数は5Hzで照射した。結果は、照射痕はザラザラで周辺には割れが確認された。

【0042】(比較例8)表面における銀濃度が低く、表面から内部に向かって銀濃度が徐々に高くなる濃度勾配を持つガラスを作製した。作製の方法は、先ず硝酸銀と硝酸ナトリウムを50mol%~50mol%で混合した溶融塩に加工用ガラス基材を浸漬(60分)して、実施例1と同様に最表面における銀濃度が最も高く徐々に銀濃度が低下していく濃度勾配の加工用ガラス基材とし、次いでこの加工用ガラス基材を亜硝酸ナトリウム62.5mol%~

硝酸ナトリウム37.5mol%の溶融塩中に浸漬(20分)し、最表面のAgイオンを再度Naイオンに置換し、最表面の銀濃度を下げ、厚み方向を基準として中間部で銀濃度が最も高くなる加工用ガラス基材を得た。この加工用ガラス基材に、波長355nmのYAGレーザを照射エネルギー40mJ/pulse、パルス幅は約10nsec、繰り返し周波数は5Hzで照射した。結果は、照射痕はザラザラで周辺には割れが確認された。また、第1段目の浸漬(硝酸銀と硝酸ナトリウム)を15分、第2段目の浸漬(硝酸ナトリウム単独)を120分とした場合も同様であった。

【0043】上記の比較例7及び比較例8から、単に銀が含まれているか或いは中心部における銀濃度が高い場合にはレーザ加工性を発揮できず、レーザ加工性を発揮するには、銀の濃度が加工表面において最も高く、徐々に濃度が低下していくことが必要であることが分る。

【0044】図9は本発明に係るガラス基材にレーザ加工をして得られた具体的な製品を示すものであり、製品としてはシリコン基板W上にガラス基板Gが載置され、このガラス基板Gの組成は本発明に係るものであり、ガラス基板Gにはレーザ加工にてスルーホールhが形成され、このスルーホールh内にはガラス基板G上に形成された回路とシリコン基板Wとの導通を図るために導電体dが入れられている。尚、この他にも貫通穴を形成したガラス基板はインクジェットに組込むことができ、また貫通穴ではなく凹部を形成した製品としては、マイクロレンズアレイ等が考えられる。

【0045】尚、ガラス基材の形状としては板状に限らず、例えば図10に示すように、円柱状或いは角柱状としてもよい。この場合にはガラス基材の外表面における銀の濃度を最も高く、中心に向かって徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配を形成する。

【0046】

【発明の効果】以上に説明したように本発明に係るレーザ加工用ガラス基材は、表面から所定の深さまでAg原子、AgコロイドまたはAgイオンの形態で銀を含有せしめ、しかも銀の濃度は表面における濃度を最も高く、所定の深さまで徐々に銀の濃度が低くなるように濃度勾配を持たせるか、或いはガラス基材全体に亘って銀を含有せしめ、しかも銀の濃度は一方の表面における濃度を最も高く、他方の表面まで徐々銀の濃度が低くなるように濃度勾配を持たせるか、若しくはガラス基材全体に亘って銀を含有せしめ、更に銀の濃度は厚み方向を基準として中間部が最も低く、両表面に向かって徐々に銀の濃度が高くなるように濃度勾配を持たせたので、レーザ光によって穴開け加工、凹凸加工等を施す際に、熱による応力を緩和し、割れや欠けを生じることがなく、更に加工痕も平滑となるので、レーザ光による微細な凹凸パターンの形成、レーザ光によるガラス基材表面への描画、微細な穴開け等に適したガラス基材とすることができます。

【0047】また、上記のガラス基材に対してレーザ光によって微細加工を施すことで、ガラス本来の特性である透明性及び絶縁性を失うことなく、且つ加熱装置や真空容器を必要とせず、室温で微細加工を行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(d)はAgイオンが均一な濃度で含まれる感光性ガラスにレーザ光を照射した過程を示す図

【図2】(a)～(d)は本発明に係るレーザ加工用ガラス基材にレーザ光を照射した過程を示す図

【図3】レーザ光の照射方向を異ならせた図2と同様の図

【図4】イオン交換に用いる装置の模式図

【図5】(a)は本発明に係るガラス基材に形成した凹

部を顕微鏡で観察した写真、(b)は同写真に基づいて作成した図

【図6】本発明に係るガラス基材に形成した凹部を触針式の表面粗さ計で測定した結果を示すグラフ

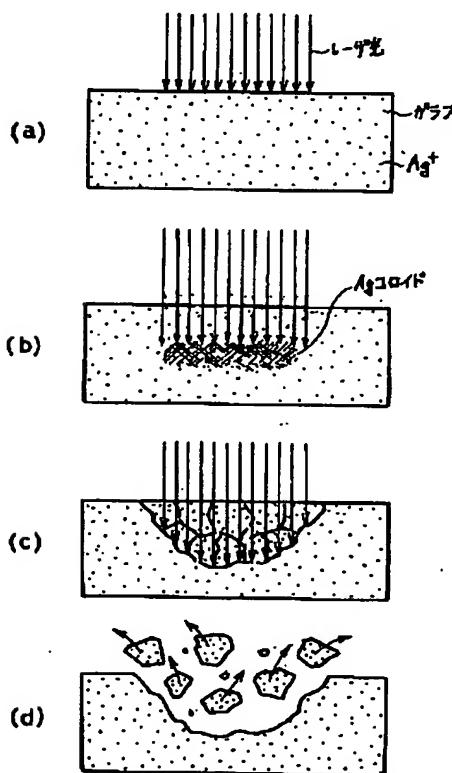
【図7】(a)はイオン交換をしていないガラス基材にレーザ光を照射して形成した凹部を顕微鏡で観察した写真、(b)は同写真に基づいて作成した図

【図8】レーザ光による加工深さと照射エネルギーとの関係を示すグラフ

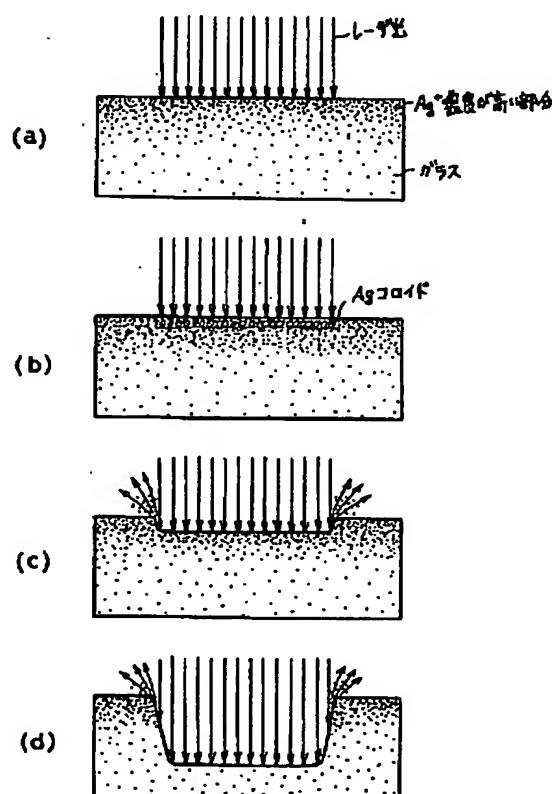
【図9】本発明に係るガラス基材にレーザ加工をして得られた具体的な製品を示す図

【図10】本発明に係るガラス基材の別形状を示す図

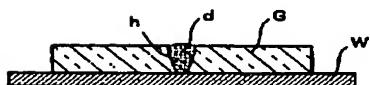
【図1】



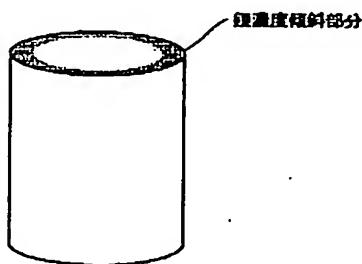
【図2】



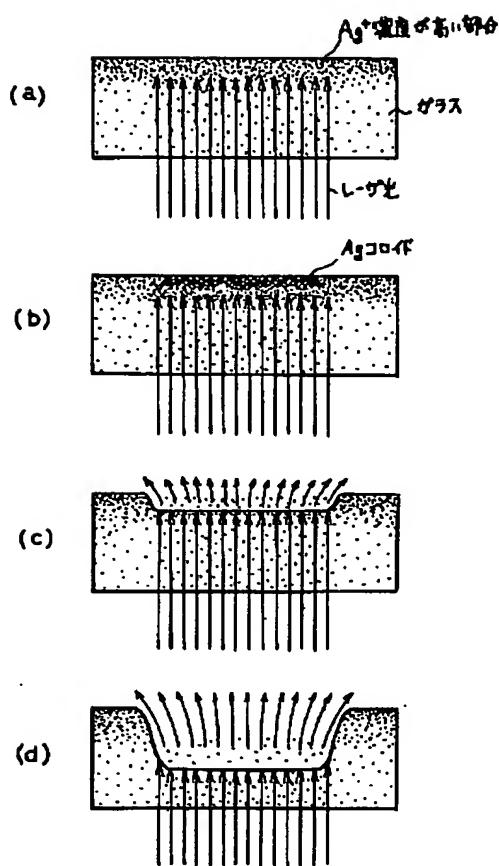
【図9】



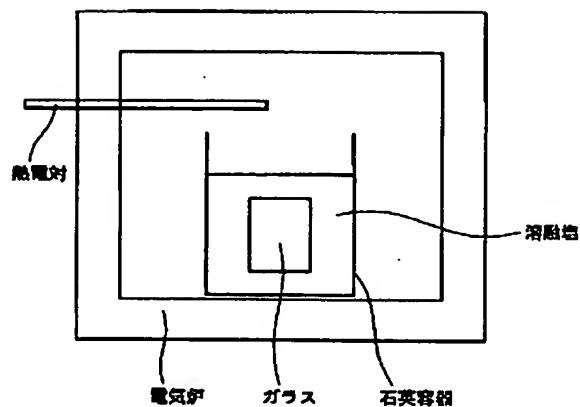
【図10】



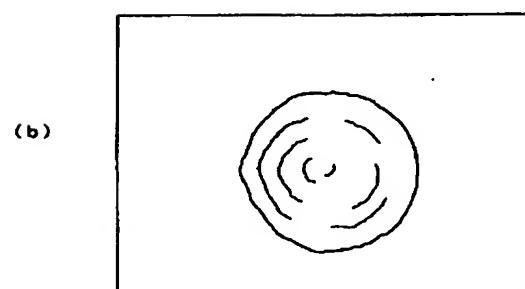
【図3】



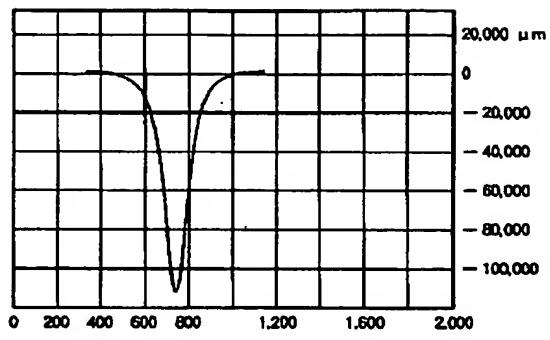
【図4】



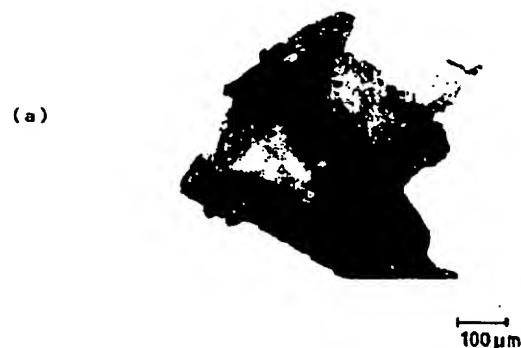
【図5】



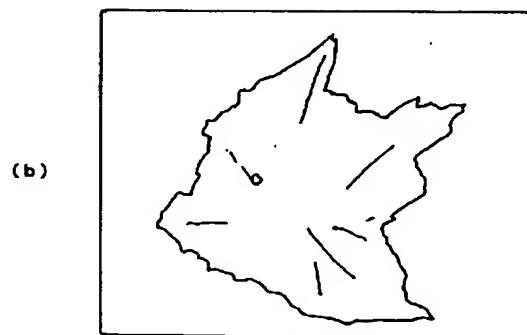
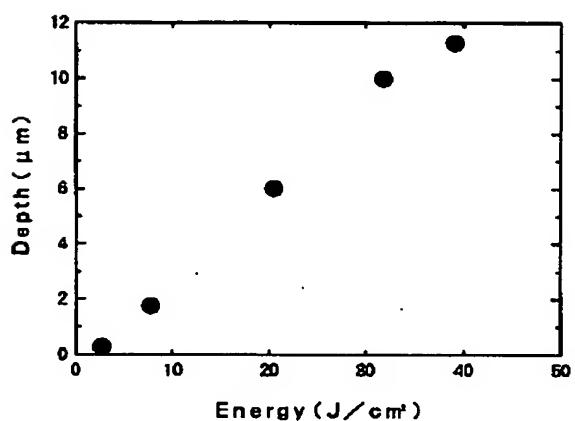
【図6】



【図7】



【図8】



Best Available Copy